DAS WIRBELSÄULENTRAUMA BEIM SPORT

INAUGURAL–DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

vorgelegt von

JOACHIM FORNELL
aus Warstade

BONN 1980

DAS WIRBELSÄULENTRAUMA BEIM SPORT

INAUGURAL–DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

vorgelegt von

JOACHIM FORNELL
aus Warstade

BONN 1980

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Entzian
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Kesseler

Tag der mündlichen Prüfung: 20.05.1980

Aus der Neurochirurgischen Universitätsklinik Bonn

Direktor: Prof. Dr. Dr. med. Wüllenweber

Druck: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Druck: Dissertationsdruck M. Wehle, Hauptstr. 240
5305 Witterschlick; Tel. 0228/641113

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsverzeichnis
==========

	Seite
I. Einleitung	4
1. Kurzer historischer Überblick	
2. Fragestellung (Thematik)	5
3. Material und Methodik	
4. Merkmalsschlüssel	7
II. Die Sportverletzungen der Wirbelsäule	15
1. Allgemeine Vorbemerkungen	
2. Formen der Rückenmarksschädigung nach Wirbelsäulenverletzungen	17
3. Zur Mechanik der Wirbelsäulen-Sportverletzungen	19
4. Eigene Untersuchungsergebnisse	21
III. Diskussion	45
IV. Zusammenfassung	49
V. Dokumentation	52
VI. Literaturverzeichnis	54

I. Einleitung

1. Kurzer historischer Überblick

Über Ursachen, Auswirkungen und schematische Einteilungsformen der traumatischen Wirbelsäulenverletzungen berichten Autoren seit dem Ende des 19. Jahrhunderts.

Im Jahre 1890 bezeichnete GURLT in seinem "Handbuch der Lehre von den Knochenbrüchen" die Verletzung der Wirbelsäule als eine der folgenschwersten für den menschlichen Körper. 1898 stellten WAGNER und STOLPER erstmalig eine Verbindung zwischen klinischen Befunden und Röntgenaufnahmen von Wirbelkörperfrakturen her.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts erlangte die Thematik der Sportverletzungen zunehmende Aktualität. Eine der frühesten Monographien, die sich mit den traumatischen Schäden durch Sportausübung beschäftigen, veröffentlichte VON SAAR (1914).

Nach GROHER, der auf neuere statistische Erhebungen von RAUTERBERG und HEIDENSOHN verweist, stellen Sportverletzungen im Durchschnitt 10 % aller Unfälle einer Unfallabteilung dar. ARENS legte 1964 eine Statistik über Sportverletzungen vor, wonach rund 2 % aller Sporttreibenden in Nordrhein-Westfalen Unfälle erlitten hatten. In knapp 13 % dieser Traumen kam es zu Knochenfrakturen.

Aus jüngerer Zeit gibt es eine Anzahl von Untersuchungen, die sich mit den knöchernen Verletzungen beim Sport beschäftigen, wobei die Schädigungen der Wirbelsäule einen breiten Raum einnehmen.

Nach Angaben von MOHING (1967) betreffen 1 % der beim Sport auftretenden Frakturen die Wirbelsäule. Als Ursachen sind u. a. Sturz vom Turngerät, vom Pferd oder Fahrrad, beim Eis- oder Skilauf und beim Fußball bekannt (CONSOLO, 1962; COTTA, 1967; MOHING, 1967).

Eine Analyse aus der Sportambulanz der Orthopädischen Universitätsklinik Heidelberg zwischen 1972 - 1976 ergab, daß bei insgesamt 3757 Sportverletzungen die Wirbelsäule in 315 Fällen (= 8,4 %) betroffen war (STEINBRÜCK und PAESLACK, 1977).

2. Fragestellung (Thematik)

Ziel der vorliegenden Untersuchung war, an Hand von röntgenologischen und klinischen Befunden festzustellen, in welcher Häufigkeit einzelne Wirbelsäulenabschnitte bzw. deren Segmente bei einem Sporttrauma wie durch Wassersprung, Turnen oder Reiten betroffen waren.

Ferner sollte erörtert werden, ob eine Beziehung zwischen dem röntgenologischen Lokalbefund und der jeweiligen posttraumatischen neurologischen Symptomatik (inkomplettes bzw. komplettes Querschnittsbild) herzustellen ist.

3. Material und Methodik

Untersucht wurden 27 Fälle von Patienten mit Sportunfall und daraus resultierender Wirbelsäulenverletzung im Zeitraum von 1954 bis 1974 aus dem Krankengut der Neurochirurgischen Universitätsklinik Bonn. Zur Dokumentation der Einzelbefunde von Vorgeschichte, klinischem Befund, Röntgenbefund und Epikrise eines jeden Patienten wurde ein spezieller Merkmalsschlüssel erstellt.

Die klinischen Befunde wurden unterteilt in Verletzungen ohne erkennbare Rückenmarksbeteiligung und in Unfälle mit nachfolgendem RM-Querschnitt; bei diesen wurden in der folgenden zu Grunde gelegten Systematik der einzelnen Merkmale leichte und mittelschwere RM-Symptome sowie vollständige QS-Syndrome unterschieden. Ausfälle an den Nervenwurzeln der traumatisierten WS-Etage wurden festgehalten, soweit die Auswertung der Krankenblätter eine eindeutige Aussage zuließ.

Merkmalsschlüssel

Dieser ausführliche Schlüssel wurde unterstellt und benutzt im Rahmen einer allgemeinen Untersuchung über das Krankengut der Neurochirurgischen Klinik Bonn und gehandhabt mit Randlochkarteikarten.

Familien-Name, Vorname, Geburtsdatum

Kr.bl. Nr. Rö-Nr.

Vorgeschichte

a) Unfallart

1. Verkehrsunfall
2. Wassersprung
3. Sturz von größerer Höhe
4. Sturz ebenerdig
5. Geburt
6. Sonstiges
7. Unbekannt
8. Suicid

b) Unfallmechanik

1. Flexion durch Schleuderung
2. Extension durch Schleuderung
3. Flexion durch Sturz
4. Extension durch Sturz
5. Rotation
6. Direkte Gewalteinwirkung auf WS von vorne
7. Direkte Gewalteinwirkung auf WS von hinten
8. Stauchung (vorherrschend)
9. Sonstiges
10. Nicht genügend sicher feststellbar

Klinik

c) Motorik - primär

1. Keinerlei RM-Symptome
2. Leichte RM-Symptome
3. Mittelschwere Symptome
4. Vollständige QS-Symptomatik

Radikuläre Ausfälle

5. Vorhanden
6. Keine
7. Nicht untersucht/festgelegt

Rö.-Etage

d)
1. C1+2
2. C2/3
3. C3/4
4. C4/5
5. C5/6
6. C6/7
7. C7/Th1
8. Th1/2
9. Th2/3
10. TH3/4

e)
1. Th4/5
2. Th5/6
3. Th6/7
4. Th7/8
5. Th8/9
6. Th9/10
7. Th10/11
8. Th11/12
9. Th12/L1
10. L1/2

f)
1. L2/3
2. L3/4
3. L4/5/S1

Sensibil. Ausfall - primär

4. wie Rö-B.
5. 1 Etage höher
6. 2 Etagen höher
7. 1 Etage tiefer
8. 2 o. mehrere Etagen tiefer
9. Keine
10. Nicht geprüft bzw. kein Untersuchungsnachweis

g) 1. Primärer Sensib.-Ausfall komplett
2. Primärer Sensib.-Ausfall inkomplett
4. Blasen-Mastdarmlähmung
6. Paralyt. Ileus
7. Spontane Verschlechterung der QS-Symptomatik
9. Nichts - nicht feststellbar

Diagnostik

h) RÖ-WS (seitlich)

0. Unfall-RÖ-Bilder nicht verwertbar (fehlen etc.)
1. Keine Frakturzeichen
2. Keine traumat. Befunde
3. Subluxation an Gel.-fortsätzen
4. Abscherfraktur der/eines unteren Gel.-forts. des disloz. Wirbels
5. Abscherfraktur der/eines oberen Gel.-forts. des feststeh. Wirbels
6. Luxation
7. Wirbelbogenabrißfraktur, vorne, mit Dehiszenz
8. Wirbelbogenabrißfraktur, hinten, mit Dehiszenz
9. Querfortsatzfraktur(en) (Rippenfortsätze)
10. Wirbelbogenstauchungsfraktur

i) 1. Dornfortsatzfraktur(en)
2. Wirbelkompression gleichmäßig
3. Wirbelkompression nur vorne
4. Wirbelkompression vorne hinten
5. WK-Kantenabsprengung vorne oben
6. WK-Kantenabsprengung vorne unten
7. WK-Kantenabsprengung hinten oben
8. WK-Kantenabsprengung hinten unten
9. Sonstige WK-Fraktur (Diagonalfraktur, seitl. Kantenabsprengung)

j) Verschiebung des oberen WK

1. nach vorne
2. nach hinten
3. um nichts
4. um Spur
5. um 1/4 WK-Tiefe
6. um 1/3 WK-Tiefe
7. um 1/2 WK-Tiefe
8. um 2/3-3/4 WK-Tiefe
9. um 1 WK-Tiefe
10. Wirbelkanaleinengung Wirbelkörper - Dislokation entspricht

WD = Wirbelkanal-Diameter

k) Sonderbefunde

1. Dislocatio ad longitudinem
2. Sekundäre Aufrichtungsdislokation (-rotation) nach hinten
4. WK-Lösung an ob. und unterer Bandscheibe (auch: Kompressions-Explosions-Fraktur)
7. Sichere Verschmälerung an oberer und/oder unterer Bandscheibe
9. Fraktur(en) an Gelenkfortsätzen offensichtlich, jedoch rö-technisch unsicher, auch: Gel.forts.-Fraktu ohne Abscherung

Ap.-Bild

l) 1. Achse erhalten
2. Achsenknickung geringfügig
3. Achsenknickung deutlich
4. Achsenknickung schwer
5. Achsenversetzung nach li/re. gering
8. Achsenversetzung nach li/re. deutlich
9. Achsenversetzung ~~nach~~ li/re. schwer

m) 1. Fraktur an WK erkennbar
2. Fraktur an Gel.-forts. bds. erkennbar
4. Fraktur an Gel.-forts. einseitig
7. Achsen-Rotation erkennbar

n) Liquor-Untersuchungen

1. Praeop. Lumbalpunktion: ja
2. Praeop. Lumbalpunktion: nein
3. Liquor: klar
4. Liquor: blutig
5. Liquor: Besonderheiten
7. Queckenstedt: nicht gemacht
8. Queckenstedt: durchgängig
9. Queckenstedt: nicht durchgängig

o) Pantopaque

1. vor 48 h
2. nach 48 h
3. Kein Stop
4. Inkompl. Stop
5. Kompl. Stop
6. nicht gemacht

EMG

7. gemacht
8. Luftmyelogramm

Therapie u. OP-Befunde

p) Laminektomie

1. < 24 h
2. 24-48 h
3. 48h-14d
4. > 14 d
5. Laminektomie
   - Höhe: disloz. Wirbel
6. " " darüber
7. " " darunter

q) Laminektomiebefunde:

1. Dornfortsatzfrakturen
2. WB. frakturen
3. Gelenkfortsatzfrakturen
4. Epidurale Blutung
5. Duraeröffnung
7. Photo

r) Wirbelkanal eingeengt durch:

1. Imprim. Wirbelbogen
2. Wirbelkörper
3. Bandscheibensequester
4. Lig. flavum
5. RM. o.B.
10. Fusion mit Knochenspan (parav. an Wirbelbögen)

s) Rückenmarksbefund

1. RM- blutig imbibiert
2. RM- Ödem
3. RM- teildurchtrennt
4. RM- komplettdurchtrennt
5. RM- komprimiert
6. RM- sehr komprimiert
7. Arachnoiditis-Verwachsungen
8. Subarachnoidale Blutung und RM-Zyste
9. RM- Nekrose
10. Sonstiges

Primärmaßnahmen und Behandlungserfolge

t) 1. Crutchfield ohne Relaxation
2. Crutchfield mit Relaxation
3. Nur Bettruhe mit Repos.-manöver
4. Nur Bettruhe ohne Repos.-manöver
5. Nur Gips
6. Nur Durchhang in Relaxation
7. Andere Früh-Therapie
8. Reposition erreicht
9. Reposition unvollständig
10. Keinerlei Reposition

u) Fusion (Ergebnisse, Befunde)

_____ Palakos

1. $\leq$ 2 Tg. nach Trauma
2. 3-15 Tg. nach Trauma _____ Knochen
3. 15-30 Tg. nach Trauma
4. $>$ 30 Tg. nach Trauma
5. Erneute Dislokation
6. Keine erneute Dislokation
7. Lig. longitud. ventrale zerrissen
8. Bandscheibe zerrissen
9. Lig. longitud. dorsale zerrissen
10. Dura zerrissen

Postoperativer Verlauf

v) Motorik:

1. Verschlechterung
2. Gleichgeblieben
3. Teilbesserung
4. Totale Besserung

Sensibilität

5. Gleichgeblieben
6. Teilbesserung
7. Totale Besserung
8. Nicht festgestellt
9. Verschlechterung

w) Blasen-Mastdarmfunktion

1. Gleichgeblieben
2. Besserung
3. Totale Besserung
4. RM-Sektion ja, Befund:
5. Normal
6. Teildurchtrennung
7. Komplett "
8. Hämatomyelie
9. Exitus
10. Sonstiges

z) Postoperative Behandlungsdauer

1. < 4 Wochen
2. 1-6 Monate
3. 6-12 "
4. 1-5 Jahre
5. über 5 Jahre

xyz) Höhe

1. Craniovertebral
2. HWS
3. BWS
4. LWS

II. Die Sportverletzungen der Wirbelsäule

1. Allgemeine Vorbemerkungen

Frakturen und Abrißbrüche der Wirbelkörper, Luxationen, Kontusionen und Distorsionen der Wirbelsäule kommen beim Sportunfall an allen Wirbelsäulenabschnitten vor. Der Verletzungsbereich am Achsenskelett weist häufig eine für die Sportart typische Höhenlokalisation auf.

So scheinen Fall oder Sprung in die Tiefe (zum Beispiel Kopfsprung in seichtes Gewässer, Herunterfallen vom Reck) hauptsächlich die mittlere und untere Halswirbelsäule zu betreffen (POLIVKA, LECHNER, KLAR und PIOTROWSKI, STEINBRÜCK und PAESLACK). Badeunfälle wurden weniger beim Vereinssport als vielmehr nach Kopfsprüngen in Nichtschwimmer-Becken, in Gewässer unbekannter Tiefe aus meist geringer Höhe, teilweise sogar vom Uferrand aus, beobachtet, wobei der ungeschützte Kopf auf eine harte Fläche oder auf sandigen Untergrund in Baggerseen oder Kiesgruben aufschlug (ROMPE, KRAHL, KLAR und STEINBRÜCK).

BLIKRAF und RINGKJOB berichteten 1969 über 100 Patienten mit Wirbelsäulenverletzungen, unter denen sich 13 Sportler befanden. Von diesen wiederum erlitten 12 Schädigungen an der Halswirbelsäule. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch POLIVKA (1965). Nach seiner Untersuchung von 158 Halswirbelsäulenverletzten ließen sich ein Drittel dieser Unfälle auf Sportausübung und davon insbesondere auf Wassersprung und Gymnastik (jeweils 20 Fälle) zurückführen. Auf 39 % bezifferte RÖSCH (1972) die Häufigkeit von Halswirbelsäulenverletzten beim Sport. Als bevorzugten Lokalisationsabschnitt bezeichnete er die distale Halswirbelsäule.

Etwa 8 % der Todesfälle im Sport gehen zu Lasten von Halswirbelsäulentraumen. Wasser-, Reit- und Motorsportler sind besonders häufig betroffen, weiterhin auch Turner und Trampolin-Springer (ARENS, 1967; MOHING, 1967; GROH, 1964 und 1971). Die letztgenannten Sportler bilden zusammen mit Kunst- und Turmspringern das große Kollektiv der posttraumastischen hohen Querschnittslähmungen, häufig mit letalem Ausgang (STEINBRÜCK, 1978).

Aus Amerika liegen gründliche Studien über Football-Verletzungen im Halswirbelsäulenbereich vor (ALLEY junior, 1964; RYAN und LEIDHOLT, 1973). Hervorgehoben sei in diesem Zusammenhang die Untersuchung von R. C. SCHNEIDER, der über 225 schwere Football-Verletzungen zwischen 1959 und 1964 mit 78 Halswirbelsäulentraumen berichtete, davon 30 % Verletzungen mit hohem Rückenmarksquerschnitt.

Nach Stürzen bei Ski- und Reitsport wurden Wirbelsäulenschädigungen vermehrt im Bereich der mittleren und unteren Brustwirbelsäule sowie auch am thoraco-lumbalen Übergang und an der oberen Lendenwirbelsäule gesehen (ROMPE, HAESEN und ZIMMERMANN).

Bei den Wirbelsäulenschäden ohne knöcherne Verletzungen stehen die Distorsionen und Kontusionen der Halswirbelsäule im Vordergrund. Auf sie entfallen ein Zehntel aller Distorsionen im Sport (ROMPE). Während drei Fünftel aller Sportverletzungen an der Halswirbelsäule im Sinne einer Distorsion zu deuten sind, entfallen die übrigen auf Luxationen und Frakturen der Halswirbelkörper (POLIVKA, 1965). Verrenkungen und Verstauchungen der Halswirbelsäule wurden bei nahezu sämtlichen Sportarten beobachtet, beim Wassersprung, Ringen, Judo, Boxen, aber auch bei Gymnastik und beim Geräteturnen

(GROH, 1964; MOHING, 1971) sowie beim sogenannten Fosbury-Flop der Hochspringer (KRAHL, 1971).

Distorsionen der Lendenwirbelsäule sind vorwiegend beim Rudern, Trampolin-Springen, Hochsprung sowie bei bestimmten Bewegungsabläufen beim Skilaufen (FRIEDRICH, 1967) und nach Stürzen vom Pferd (HAESEN, 1977) beschrieben worden.

2. Formen der Rückenmarks- und Caudaschädigung nach Wirbelsäulenverletzungen

Die Verletzungen des Rückenmarks nach einem Wirbelbruch bzw. einer Wirbelkörperluxation kann total, partiell oder in Form einer Nervenwurzelschädigung auftreten.

a) Die totale (komplette) Querschnittslähmung

Unter einer totalen Querschnittslähmung versteht man die vollständige morphologische oder funktionelle Unterbrechung von ascendierenden und descendierenden Rückenmarksbahnen. Bei einem WS-Trauma kann das Rückenmark durch die in den Rückenmarkskanal verlagerten Wirbelfragmente oder durch die obere hintere Kante des nicht luxierten Wirbels komprimiert werden. Distal des durchtrennten Myelons kommt es zu einem Ausfall sämtlicher nervöser Funktionen: Schlaffe, motorische Lähmung, die später spastisch wird, vollständiger Ausfall aller Sensibilitätsqualitäten (Aesthesie, Algesie, Temperaturempfindung, Tiefensensibilität), völlige Areflexie und Aufhebung der Vasomotorik. Weiter besteht im Initialstadium der QS-Lähmung eine Blasen- und

Mastdarmlähmung mit einer Retentio urinae und dem klinischen Bild des paralytischen Ileus bei Lähmung des Sphincter ani und der Ampulle (SCHMIDBERGER, 1971).
Die klinisch nachweisbare Grenze des vollständigen Sensibilitätsausfalles kann wegen Überlappung der sensiblen Versorgungsgebiete etwa ein bis zwei Segmente unterhalb der anatomischen Verletzung liegen (ZEH, 1971).

Die Schädigung des Halsmarkes kann in Abhängigkeit von der Höhe der Laesion zur Lähmung sämtlicher Extremitäten, also zur Tetraplegie, führen. Ein totaler Querschnitt oberhalb des 4. Halswirbels hat infolge der Lähmung des Nervus phrenicus häufig einen letalen Ausgang zur Folge (BRÜCKNER).

Die Durchtrennung des Brust- oder Lendenmarkes bewirkt eine Paraplegie der Beine und eine Blasen-mastdarmlähmung. Verletzungen unterhalb des 2. Lendenwirbels führen zu einer Schädigung der Cauda equina (BRÜCKNER). Bei der ausschließlichen Caudaläsion stehen die Blasen- und Mastdarmstörungen sowie die typische "Reithosen-Anaesthesie und -Analgesie" im Vordergrund.

b) Die partielle Querschnittslähmung

Die mäßig ausgeprägte und vorübergehende Kompression des Rückenmarkes von außen durch ein Knochenfragment bzw. ein peridurales Haematom oder von innen infolge einer Haematomyelie oder ein Begleitödem führen zu einer teilweisen Rückenmarksschädigung. Die Leitungsunterbrechung und deren neurologische Symptomatik kann je nach Schwere des Traumas teilweise oder vollständig reversibel sein.

Durch heftige Erschütterung des Rückenmarkes (Commotio spinalis) können ohne erkennbare morphologische Veränderungen Zeichen einer Leitungsunterbrechung auftreten, die sich aber in kurzer Zeit spontan zurückbilden können. Erste Anzeichen der Erholung sollen innerhalb von sechs bis acht Stunden nachweisbar, die Restitutio ad integrum nach 14 Tagen abgeschlossen sein (BRÜCKNER, 1974).

c) Die Wurzelschädigung

Der spinale Nervenwurzelabschnitt ist nach KUHLENDAHL (1950) der weitaus verletzlichste Teil der nervalen Leitungsbahn. Die traumatische Wurzelkompression kann zu lokalisierten motorischen und/oder sensiblen radikulären Ausfallserscheinungen führen.

Nach MUMENTHALER und SCHLIACK (1973) haben radikuläre Syndrome folgende Charakteristika:

1. Die Schmerzausstrahlung erstreckt sich entlang der Dermatomstreifen.
2. Die Sensibilitätsstörung betrifft ausschließlich die Algesie.
3. Auftretende Muskelatrophien sind isoliert und passen zu keinem peripheren Nerven.
4. Reflexausfälle gehören nicht zu dem scheinbar betroffenen peripheren Nerven.
5. Vegetative Ausfallserscheinungen fehlen.

3. Zur Mechanik der Wirbelsäulenverletzungen

Häufigste Ursache einer Querschnittslähmung ist eine Wirbelsäulenluxationsfraktur. In selteneren Fällen kann die Verletzung des Rückenmarks jedoch auch durch reine Wirbelkörperluxationen entstehen (STEINBRÜCK, 1977).

Bei einer Luxation verschiebt sich der cranial liegende Wirbelkörper gegenüber dem caudal gelegenen Wirbel nach dorsal oder ventral.
Bei Wirbelkörperverletzungen können stabile und unstabile Frakturen unterschieden werden (JUNGE, 1962; BRÜCKNER, 1977).

Bei einer Überbeugung der Wirbelsäule nach vorne brechen unter dem Druck die vorderen Wirbelkörperanteile zuerst zusammen. Es kommt zu einer Keilform des Wirbelkörpers (JUNGE). Dadurch werden die Bandverbindungen der Wirbelsäule (hinteres Längsband, Zwischenbögen- und Zwischendornfortsatzbänder, Gelenkbänder) unter Spannung gesetzt. Wird eine von außen einwirkende Kraft rechtzeitig abgebremst, bleibt die Kontinuität der Bänder und damit die Trag- und Belastungsfähigkeit der Wirbelsäule erhalten (=stabile Wirbelfraktur). Dauern die mechanischen Kräfte an, so zerreißen die dorsalen Bänder, verstärken die Keilwirbelbildung und lassen die Gelenkfortsätze in Subluxations- oder Luxationsstellung treten: Die Fraktur wird unstabil. Die gleichzeitig stattfindende horizontale Verschiebung der Wirbel gegeneinander engt den Rückenmarkskanal ein und komprimiert das Rückenmark. Kommt es statt der Bänderzerreissung zu einem Wirbelbogenabriß, das heißt, macht der hintere Wirbelbogenabschnitt die horizontal-ventrale Verschiebung nicht mit, kann das Rückenmark unversehrt bleiben. BÖHLER prägte für diesen Vorgang den Begriff der "rettenden Wirbelbogenfraktur".

Nach Art des Verletzungsmechanismus unterteilen STEINBRÜCK und PAESLACK (1977) die Wirbelkörperfrakturen in
1. Kompressionsfrakturen (Stauchung in Längsrichtung),
2. Flexionsfrakturen (Vorbeugung und Abscherung),
3. Hyperextensionsfrakturen (Überstreckung nach hinten),
4. Rotationsfrakturen (Drehung um die Längsachse).

Nach den Untersuchungen der gleichen Autoren findet man im Bereich der Halswirbelsäule vorwiegend die Hyperextensionsbrüche. Zu gleichen Ergebnissen kommen GERLACH und JENSEN (1965) sowie GUTTMANN (1971).

Beim Wasser-Kopfsprung aus geringer Höhe auf eine harte Fläche überträgt sich die Stoßwirkung unmittelbar auf die mittlere und untere Halswirbelsäule (KLAR und PIOTROWSKI, 1967).

HÜBNER (1948) und LECHNER (1971) berichteten über Kopfsprungverletzungen auf dem Boden eines Flexions-Luxationsmechanismus. Für andere Autoren, wie JUNGE und BRÜCKNER, kommt es beim direkten Sturz auf den Schädel vorwiegend zu einer Verletzungskombination aus Längsstauchung (axiale Kompression) und Hyperflexion des cervicalen Wirbelsäulenabschnittes. Als zusätzliche Komplikation bei Hyperextensionsfrakturen zeigt sich häufig eine kombinierte Lateralverschiebung der Wirbelsäule (GUTTMANN).

Im Bereich der Halswirbelsäule sind neben den beiden obersten Wirbeln vor allem der 5. und 6. Halswirbelkörper am häufigsten betroffen (LECHNER, GERLACH, STEINBRÜCK, HÜBNER). Der cervicale Rückenmarksabschnitt ist in diesem Bereich aufgrund der Verengung des Wirbelkanals am stärksten gefährdet (STEINBRÜCK und PAESLACK, 1977).

4. Eigene Untersuchungsergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurden 27 Fälle von Sportverletzungen mit Wirbelsäulentraumatisierung aus dem Krankengut der Neurochirurgischen Universitätsklinik Bonn aus dem Zeitraum von 1954 bis 1974 untersucht. Bei einem Gesamtkollektiv von 224 allgemeinen Unfällen

WS - Trauma beim Sport
27 Patienten, 1954-1974

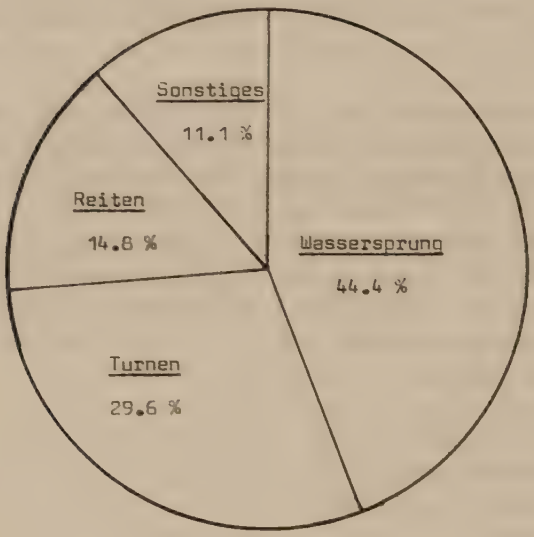

Abb. 1. Unter 224 Pat. mit WS-Trauma aus den Jahren 1954-1974 fanden sich 27 Pat. (=12%) nach Sportunfall. Es überwiegen Pat. mit WS-Trauma durch Kopfsprung in zu flaches Wasser.

mit Wirbelsäulen- bzw. Rückenmarksbeteiligung betrug der Prozentsatz der beim Sport verunglückten Patienten 12 % (Abb. 1). Dabei entfielen auf Wassersprung- und Turnverletzungen 12 bzw. 8 Fälle. Die dritte Gruppe umfaßt die Verunfallten nach Sturz vom Pferd (4). Weiterhin wurden je ein Unfall nach Motorsport, Skilauf sowie nach einer anamnestisch nicht näher beschriebenen Sportart in die Untersuchung mit einbezogen.

a) Alters- und Geschlechtsverteilung

Die Alters- und Geschlechtsverteilung der Sportverletzungen des analysierten Krankengutes geht aus den Tabellen 1 a, 1 b und Abbildung 2 hervor.

Die zahlenmäßig größte Gruppe stellte mit 17 Unfällen die Altersklasse der 20- bis 30jährigen. Ein Viertel der Verunglückten nach Wasser-Kopfsprung war älter als 30 Jahre.

Bei den Turn- und Schulsportverunfallten lag der Altersdurchschnitt erwartungsgemäß niedriger. Die Hälfte der verletzten Patienten war jünger als 20 Jahre. In diesem Kollektiv zeigte sich die größte Altersstreuung. Der älteste Turner war 54 Jahre alt, der jüngste Sportler verunglückte im Alter von 9 Jahren.

Ausnahmslos älter als 40 Jahre waren Patienten, die nach Sturz vom Pferd Wirbelsäulentraumen erlitten. Der älteste Sportler des Krankengutes war eine 75-jährige Reiterin.

Tab. 1) Alters- und Geschlechtsverteilung
WS - Trauma nach Sportunfall
27 Patienten, 1954-1974

a)

Alter in Jahren	Zahl	Geschlecht	
		männl.	weibl.
0 - 19	5	4	1
20 - 39	17	14	3
40 - 59	4	2	2
75	1	-	1
Total	27	20	7

Altersverteilung der Sportarten

b)

Sportart	Unfallalter			
	9-20	20-30	31-40	40-75
Wassersprung	1	8	3	-
Turnen	4	3	-	1
Reiten	-	-	-	4
Skisport	-	1	-	-
Motorsport	-	1	-	-
Sonstiges	-	1	-	-
Total	5	14	3	5

Tab. 1a. Unter 27 Sportverletzten überwiegen mit 74% die männlichen Sportler, unter diesen diejenigen im 2. bis 4. Lebensdezennium.
Tab. 1b. Von insgesamt 19 Patienten im Alter bis einschließlich 30 Jahre befanden sich 9 Unfälle nach Wasserkopfsprung (=47%).

KS - Trauma nach Sportunfall
27 Patienten, 1954-1974
Altersverteilung

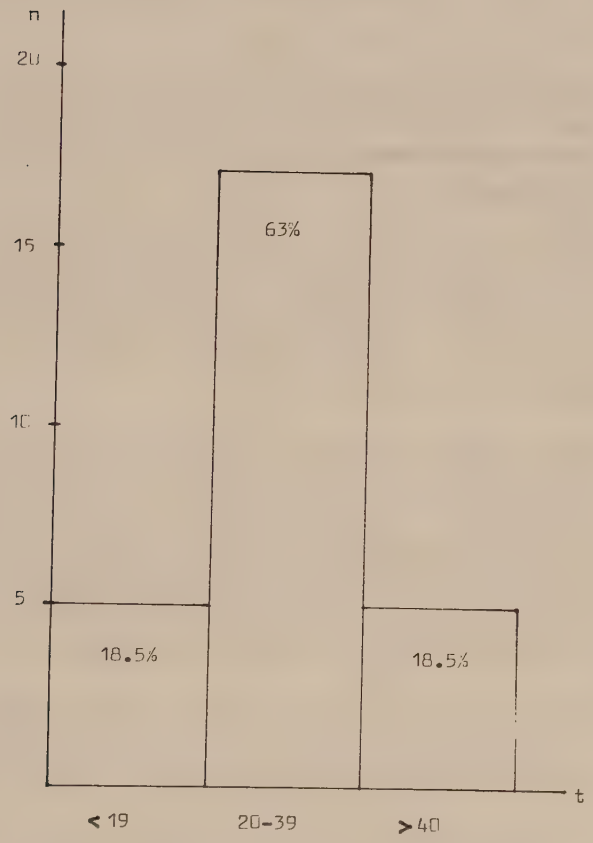

Abb. 2. Bei 17 von 27 Sportverletzten mit KS-Trauma lag das Verletzungsalter zwischen dem 20. und dem 40. Lebensjahr (=63%). Gleich groß waren die Gruppen der verunglückten Sportaktiven unter 20 Jahren und Jenseits des 40. Lebensjahres (=18.5%).
n = Zahl der Unfälle, t = Alter der Pat. in Jahren

b) Neurologische Symptomatik in den einzelnen Altersgruppen der Sportverletzten

Die Auswertung des Ausmaßes der neurologischen Symptomatik innerhalb der einzelnen Altersgruppen, wie in Tabelle 2 wiedergegeben, zeigte folgende Verteilung:

In der Gruppe der Patienten bis zu einem Alter von 20 Jahren (5 Fälle) standen drei Verunfallten ohne Rückenmarkssymptomatik zwei Sportverletzte mit Tetraplegie gegenüber.

Verunglückte Sportler im 3. und 4. Lebensjahrzehnt wiesen absolut die schwersten Rückenmarksverletzungen auf. Bei 12 der 14 Verletzten in diesem Alterskollektiv, davon allein bei 8 Wasser-Kopfspringern, kam es zu einer kompletten Querschnittslähmung.

Relativ geringe spinale Verletzungsfolgen zeigten sich bei Unfallverletzungen jenseits des 30. Lebensjahres (8 Fälle). Lediglich zweimal traten komplette Querschnittslähmungen auf. Bei einem weiteren Sportler konnten leichtere motorische oder sensible Innervationsstörungen nachgewiesen werden. Neurologisch unauffällig waren die übrigen 5 Patienten.

Eine erhebliche Diskrepanz zwischen traumatischem und neurologischem Befund fand sich bei einer gestürzten 75jährigen Reiterin (Fall Nr. 22, Tab. 5):

Bei einer nachweisbaren Luxationsfraktur der unteren Halswirbelsäule mit deutlicher Wirbelkörperverschiebung um fast eine halbe Wirbelkörperbreite klagte die Patientin anfangs über Blaseninkontinenz sowie

Tab. 2) Art der QS - Symptomatik in den einzelnen Altersgruppen nach Sportunfall mit WS - Trauma 27 Patienten, 1954-1974

Unfallalter	Zahl	QS - Symptomatik			
		keine	leicht	mittel	komplett
< 20	5	3	-	-	2
20 - 30	14	-	-	2	12
31 - 40	3	1	1	-	1
41 - 50	2	1	-	-	1
51 - 60	2	2	-	-	-
> 60	1	1	-	-	-
Total	27	8	1	2	16

Tab. 2. Bei 14 Sportverletzten zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr bildete sich in 85% der Fälle ein komplettes Querschnittssyndrom aus. Ohne spinale Symptomatik blieben insgesamt 8 Patienten, davon 6 Sportler im Alter von über 30 Jahren.

über sensible Störungen an beiden Händen. Nach operativer Reposition und Fusionsbehandlung konnte die Patientin nach mehr als vier Wochen mit geringen sensiblen Reststörungen aus der stationären Behandlung entlassen werden.

c) Lokalisation der verletzten WS-Etagen nach Sportunfällen und ihre Verteilung auf die einzelnen Sportarten

Die betroffenen Wirbelsäulenetagen, die an Hand der primären Röntgenaufnahmen ermittelt wurden, ergaben innerhalb des Untersuchungsmaterials eine signifikante Häufigkeit der Sportverletzungen im Bereich der mittleren und unteren Halswirbelsäule (Abb. 3a, 3b).

Zwischen dem 4. und 7. Halswirbelkörper lokalisierten sich rund 71 % aller sportlichen Traumen. Davon entfielen ein Drittel aller Wirbelsäulenverletzungen auf das Bewegungssegment C 5/C 6. In drei Fällen waren knöcherne Veränderungen an zwei benachbarten Etagen festzustellen, bei einem Sportler waren drei Etagen betroffen. Bei einem Sportverletzten konnte kein pathologischer Röntgenbefund erhoben werden. Wahrscheinlich dürfte es sich hierbei um eine cervicale Kontusion gehandelt haben.

Bei den verschiedenen Sportarten verteilten sich die Wirbelsäulenschädigungen auf unterschiedliche Etagen. Innerhalb der Sportverletzungen beim Wassersprung und Turnen lokalisierten sich die Verletzungen vorrangig auf den cervicalen Abschnitt zwischen C 4 und C 7. Oberhalb dieser kritischen Zone, das heißt im Segment C 2/C 3, verletzte sich aus beiden Gruppen jeweils

HWS - Trauma nach Sportunfall, 24 von 27 Patienten, 1954-1974
a) Häufigkeitsverteilung (n = Zahl der Etagenverletzungen)
b) Etagenlokalisation der einzelnen Sportarten

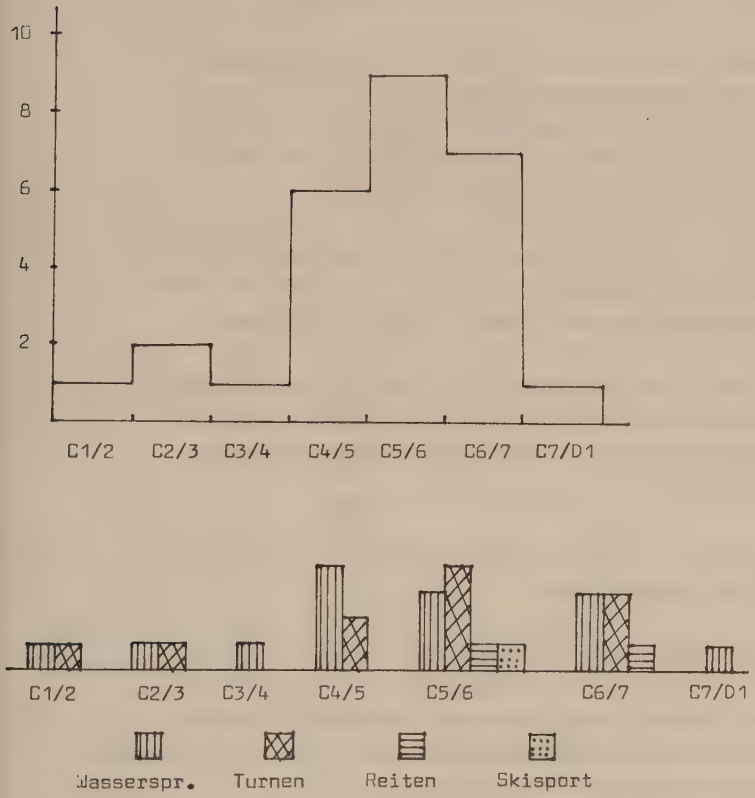

Abb. 3. Von 27 Sportunfällen mit WS-Beteiligung fanden sich 24 Patienten mit Verletzungen im HWS-Bereich. Bei 19 Pat. wurden traumatische Veränderungen an 1 WS-Etage festgestellt. Drei Sportler wiesen HWS-Schäden an 2 Etagen auf, ein Unfall zeigte Verletzungen an 3 HWS-Segmenten. In 1 Fall konnte keine Etagenhöhe angegeben werden (Commot. spinalis). Bei den HWS-Traumen war die Etage C5/6 am häufigsten betroffen (1/3 des Kollektivs). (a))
Unfälle nach Wasserkopfsprung betrafen bevorzugt die Etage C4/5, sodann die Segmente C5/6 und C6/7. Turner wiesen am häufigsten Verletzungen im Abschnitt C5/6, sodann in C4/5 und C5/7 auf. (b))

ein Sportler. Nachweisbare traumatische Veränderungen zwischen C 1/C 2 bzw. C 3 bis C 5 trug ein weiterer Wasserspringer davon.

Schäden an der Wirbelsäule nach Wassersprüngen betrafen am häufigsten die Etage C 4/C 5, Turnunfälle das nächsttiefere Segment C 5/C 6. Bei diesen beiden Sportarten verteilten sich jeweils drei Fälle auf den Abschnitt C 6/C 7.

Reitsportunfälle traten sowohl an der unteren Halswirbelsäule zwischen C 5 und C 7 als auch am thoracolumbalen Übergang (jeweils zwei Fälle) auf.

Ein Skifahrer erlitt Verletzungen an der unteren Halswirbelsäule (C 5/C 6), ein Motorsportler kam zu einem Trauma an der unteren Brustwirbelsäule (D 11/D 12).

d) Beziehung zwischen neurologischem und röntgenologischem Etagenbefund

Das HWS-Segment C 5/C 6 war in 1/3 der Fälle des Gesamtkollektivs betroffen. Neurologisch wurden in dieser Etage die schwersten Ausfallserscheinungen diagnostiziert: Sieben von neun Sportlern erlitten einen kompletten Querschnitt.
Es folgten die Etagen C 6/C 7 und C 4/C 5 mit jeweils fünf bzw. vier querschnittsgelähmten Patienten.

Unter insgesamt 16 sportlichen WS-Traumen mit konsekutivem vollständigem QS-Syndrom wurde nur bei einem Sportler eine Läsion der WS außerhalb der kritischen Etagenabschnitte von C 4 bis einschließlich C 7 festgestellt (Fall-Nr. 21, Tab. 5).

WS - Etagenverteilung mit Schweregrad der QS - Symptomatik
26 von 27 Sportunfällen mit WS - Trauma, 1954-1974

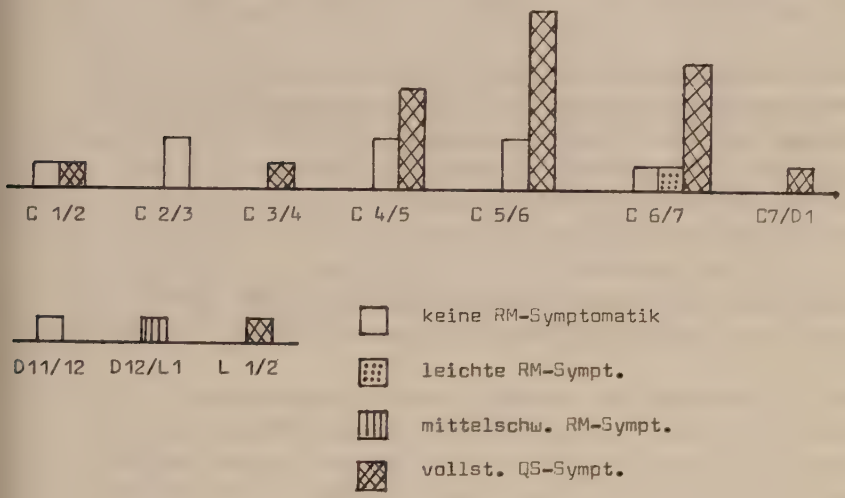

Abb. 4. Vollständige Querschnittslähmungen wurden zum überwiegenden Anteil im HWS-Abschnitt zwischen C 4 und C 7 beobachtet. Bei 26 Patienten wurden Unfallfolgen an insgesamt 31 WS-Etagen diagnostiziert: Verletzungen an 1 WS-Etage fanden sich in 22 untersuchten Fällen, 2 Etagen waren bei 3 Pat., 3 WS-Segmente bei 1 Sportler betroffen. Ein Patient verletzte sich, ohne daß eine Schädigung einer bestimmten Etage festgestellt werden konnte.

Demgegenüber blieben weitere fünf Patienten mit positivem Rö-Befund zwischen C 4 und C 7 ohne pathologische RM-Symptome (Abb. 4). (Fall-Nr. 7, 13, 20, 22, 23).

Bei den WS-Verletzungen, die sich über zwei cervikale Etagen erstreckten (Fall-Nr. 16 - 18), verteilten sich zwei Traumen auf die mittlere und untere HWS. Der dritte Patient war ein neunjähriger Turner mit traumatischer Achsenfehlstellung und Subluxationen der obersten zwei WS-Etagen aber unauffälligen neurologischen Befunden.

Pathologische Röntgenbefunde an drei HWS-Etagen konnten nach einem Kopfwassersprung nachgewiesen werden (Fall-Nr.12).

Von 16 Patienten mit (primär) komplettem Querschnitt verstarben 6 Verletzte nach weniger als vier Wochen stationärer Behandlung, 3 Sportler innerhalb des ersten Jahres und 1 QS-Verletzter 5 Jahre nach dem Trauma. Unter diesen zehn tödlich verunglückten Patienten fand sich in einem Fall ein röntgenologischer Verletzungsbefund an drei Etagen (C 1/2, C 3/4/5), bei zwei Sportlern an zwei benachbarten Etagen (C 4/5/6 bzw. C 5/6/7).

Die weiteren sieben Todesfälle verteilten sich auf folgende WS-Segmente: C 4/5 (zweimal), C 5/6 (einmal), C 6/7 (dreimal) und Th 11/12 (einmal).

Im Kollektiv der Wasserspringer (= 12 Patienten) kam es in neun Fällen zum Totalquerschnitt. Die Hälfte der Kopfspringer starben an ihren Verletzungen (Tab. 2 a). Ein Patient aus dieser Gruppe zeigte einen neurologisch unauffälligen Befund. Von den beiden übrigen Verletzten wies einer eine leichte Rückenmarksschädigung, ein weiterer lediglich ein radikuläres Ausfallsbild auf.

Posttraumatische Querschnittslähmungen traten in mehr als 50 % der untersuchten Turnunfälle auf. Zum tödlichen Ausgang kam es in drei Fällen.

Unter den Pferdesportverletzten war nur ein Reiter komplett querschnittsgelähmt, die drei übrigen Reiter überstanden ihren Unfall ohne spinale Ausfälle.

Von den restlichen Sportverletzungen konnten in zwei Fällen mittelschwere Querschnittssyndrome diagnostiziert werden, bei einer Skifahrerin ein totaler Rückenmarksquerschnitt. Ein Unfall endete tödlich.

Tab. 3) Grad der QS - Symptomatik nach Sportunfällen
27 Patienten mit WS - Trauma

Unfallart	Zahl	Schweregrad der QS-Symptomatik				Exitus
		nichts	leicht	mittel	komplett	
Wasserspr.	12	2 (1)	1	-	9	6
Turnen	8	3 (1)	-	-	5 (2)	3
Reiten	4	3 (2)	-	-	1	-
Skisport	1	-	-	-	1	-
Motorsport	1	-	-	1	-	1
Sonstiges	1	-	-	1	-	-
Total	27	8 (4)	1	2	16 (2)	10

Legende: Unfälle nach Wasserkopfsprung führten bei 3/4 der Pat. zu einem kompletten Querschnitt. Die Hälfte der Pat. dieses Kollektivs starb an den Unfallfolgen. Ohne RM-Symptomatik blieben 3 von 4 Reitsportverunglückten (=75%).
In Klammern ist die Zahl der Pat. mit radikulären Symptomen in Höhe des WS-Traumas unabhängig von einer RM-Beteiligung angegeben.

Tab. 4) Ausmaß der posttraumatischen Sensibilitäts- und spinalen Reflexstörungen bei 27 Sportlern mit Verletzungen an der Wirbelsäule

Sportart (Zahl der Pat.)	Prim. Sensibilitätsausfälle			Miktions- u. Defäkations-störungen
	keine	inkompl.	komplett	
Wassersprung (12)	2	2	8	9
Turnen (8)	2	3	3	5
Reiten (4)	3	1	-	2
Ski- u. Mot.-sport, Sonstiges (3)	1	1	1	3
Total (27)	8	7	12	19

Tab. 4. 2/3 der Verletzungen der WS nach Wasserkopfsprung führten zu einem kompletten Sensibilitätsausfall. Von vier Reiterverletzten zeigten drei Patienten keine pathologischen sensiblen Symptome. Funktionelle Störungen von Blase und Mastdarm wurden in 70% der Fälle diagnostiziert.

e) Vergleich zwischen Röntgenbefund und Querschnittssymptomatik bei den untersuchten Sportverletzungen (Tab. 5).

In den meisten Fällen stand die Schwere der Querschnittssymptomatik nach Sportunfällen in Beziehung zu den röntgenologischen Befunden.

Von den 12 Verletzungen nach Wasser-Kopfsprung lagen bei acht Patienten primäre Röntgenbefunde vor. In den übrigen Fällen fehlten Primäraufnahmen oder waren nicht vollständig verwertbar.

Traumatische Wirbelveränderungen nach Wassersprung lokalisierten sich bis auf eine Ausnahme im mittleren und unteren Halswirbelsäulenabschnitt. Bei den Patienten mit kompletter Querschnittssymptomatik (5) imponierten Kompressionsfrakturen der Wirbelkörper, Teilabrißfrakturen, Gelenkfortsatzfrakturen sowie in zwei Fällen Wirbelkörperluxationen. Ein Verunfallter mit Subluxation und geringen traumatischen Veränderungen am Achsenskelett (Fall-Nr. 7) blieb ohne spinale Ausfälle.

In sechs Fällen konnten Wirbelkörperverschiebungen nach ventral (fünfmal) und nach dorsal (einmal) diagnostiziert werden. Bis auf eine Ausnahme (Fall Nr. 20) führte eine Einengung des Wirbelkanal-Diameters um wenigstens ein Viertel der Wirbelkörpertiefe zu einem kompletten Querschnitt.

Ein Untersuchter wies an drei verschiedenen Wirbelkörpern (C 1, C 3, C 4) sogenannte "rettende Wirbelbogenfrakturen" auf. Eine zusätzliche Berstungsfrak-

tur von C 5 mit Dislokation nach hinten um fast ein Viertel der Wirbelkörpertiefe führte in diesem Falle zur irreversiblen Rückenmarkskompression mit Exitus letalis (Fall-Nr. 12).

Zwei Wasserspringer blieben ohne Rückenmarkssymptomatik. Hier entsprachen die erhaltene Skelettachse sowie die geringe bzw. nicht vorhandene Wirbelkörperdislokation dem klinisch neurologischen Befund. In beiden Fällen konnten röntgenologisch keine Frakturzeichen festgestellt werden.

Nach Turnunfällen zeigte die Hälfte der untersuchten acht Patienten ein komplettes Querschnittsbild. Bis auf eine Ausnahme (Fall-Nr. 18) fanden sich traumatologische Veränderungen durchweg im mittleren und unteren Cervicalabschnitt. Wirbelkörperverschiebungen nach vorn um ein Viertel Wirbelkörperbreite und mehr (Fall-Nr. 14, 15, 19, 20) führten in drei Fällen zum totalen Querschnitt (Fall-Nr. 14, 15, 19). Keine Querschnittssymptomatik resultierte aus drei Turnsportunfällen (Fall-Nr. 13, 18, 20), davon waren im Fall 13 und 18 keine oder nur geringe pathologische Veränderungen im Röntgenbild erkennbar.

Zwei von vier Patienten, die beim Reitsport stürzten, zogen sich Halswirbelsäulenverletzungen zu. Eine Reiterin erlitt einen kompletten Querschnitt bei dislozierter Diagonalfraktur im Segment Th 12/L 1 und schwere Achsenknickung in Höhe des betroffenen Etagenabschnittes. Eine zweite vom Pferd gestürzte Patientin wurde durch eine Wirbelbogenabrißfraktur nach Ventralluxation des gleichen Wirbelkörpers um etwa ein Viertel seiner Breite vor einer Kompression des

Rückenmarks bewahrt. Es kam zu einseitigen radikulären Ausfällen im entsprechenden Dermatom (21, 22, 23).

Von den übrigen drei Sportverletzten wies ein Patient (Skifahrerin) ein primär komplettes Lähmungsbild auf. Fehlende Röntgenbilder ließen in diesem Falle keine vergleichende Diagnostik zu (25).

Ein Verletzter (Motorsport) starb nach einer primär inkompletten Querschnittssymptomatik. Röntgenologisch fanden sich multiple Frakturen an der untersten Etage der Brustwirbelsäule (Wirbelkörper, Gelenkfortsätze, Rippenfortsätze), eine Ventralverschiebung des oberen Wirbelkörpers um die Hälfte sowie eine erhebliche Achsenversetzung in der traumatisierten Etage (26).

Der letzte Sportler (Sportart nicht anamnestisch bekannt) zeigte inkomplette Paresen nach Commotio spinalis der Halswirbelsäule ohne Frakturzeichen (27).

Tab. 5) WS-Trauma nach Sportunfall
27 Patienten, 1954 - 1974
Übersichtsaufstellung der Neurologie, RÖ-Befunde, Prim.Therapie und Krankheitsdauer

Fall-Nr. Unfallart Alter Geschlecht WS-Etage	Primäre Neurologie	wichtige Rö-Befunde	Prim. Therapie	Überlebenszeit bzw. stat. Beh.
1) Wassersprung 26 J., m. C 6/7	vollst. QS kompl. Sens. ausfall Blas.-Mast-darm Lähm.	a.p.: geringe Achsenknickung, Gel.forts.frak. C 6	GLISSON-Schlinge	4 Wochen Exitus
2) Wassersprung 25 J., m. C 5/6	vollst. QS kompl. Sens. ausfall Blas.-Mast-darm Lähm.	Luxation C 5/6 WK-Kompression vorn C 6 Verschiebung n. vorn um 1/4 WK a.p.: WS-Achse erhalten	GLISSON-Schlinge	4 Wochen Exitus
3) Wassersprung 20 J., m. C 6/7	vollst. QS kompl. Sens. ausfall Blas.-Mast-darm Lähm.	Röntgenbilder nicht auswertbar	Laminektomie C 6/7	4 Wochen Exitus
4) Wassersprung 36 J., m. C 6/7	inkompl. QS inkompl. Sens.ausfall	keine Frakturzeichen keine WK-Verschiebung a.p.: WS-Achse erhalten	CRUTCHFIELD-Extension	4 Wochen Entlassung
5) Wassersprung 26 J., m. C 5/6	vollst. QS kompl. Sens. ausfall Blas.-Mast-darm Lähm.	Röntgenbilder nicht auswertbar	CRUTCHFIELD-Extension	4 Wochen Entlassung

Tab. 5) Forts.

Fall-Nr. Unfallart Alter Geschlecht WS-Etage	Primäre Neurologie	wichtige Rö-Befunde	Prim. Therapie	Überlebenszeit bzw. stat. Beh.
6) Wassersprung 20 J., m. C 4/5	vollst. QS kompl. Sens. ausfall Blas.-Mast-darm Lähm.	a.p.: Gel.forts.frak. bds. ob. Gel.forts.frakt.u. WB-Stauchungsfrakt. C5 WK-Kompr. m. Kantenabspr. C5 vorn, Versch. n. vo. um ca. 1/2 WK, Achse erhalten	CRUTCHFIELD-Extension, Fusion	4 Wochen Exitus
7) Wassersprung 36 J., m. C 4/5	radikuläre Ausf. C5 li.	Subluxation C 4/5, WK-Kompr. C 5 vorn, Versch. n. vorn um 1/4 WK, sek. Aufrichtung C 5	Extension, Gips	4 Wochen Entlassung
8) Wassersprung 28 J., m. C 4/5	vollst. QS in-kompl. (?) Sens.ausfall Blas.-Mast-darm Lähm.	Luxation C 4/5, Dornforts. frakt. C 3/4, WK-Kompr. m. Kantenabspr. vorn unten, Versch. n. vorn um 2/3 WK, ger. sek. Aufricht. C 5	CRUTCHFIELD-Extension	4 Wochen Exitus
9) Wassersprung 30 J., m. C 7 (Th 1)	vollst. QS kompl. Sens. ausfall Blas.-Mast-darm Lähm.	evtl. WB-Stauch.frakt. an Bogenwurzel, Kompr.frakt. C 7, Versch. n. vorn um Spur, W.Kan.-Diameter um 1/3 eingeengt, WS-Achse erhalten	CRUTCHFIELD-Extension	5 Monate Entlassung
10) Wassersprung 9 J., m. C 2/3	keine sens. oder mot. Ausfälle	keine Frakturzeichen, ger. Sublux. C 2/3 mit HWS-Kyphose, Versch. n. vorn um Spur, deutliche Achsenknickung	Bettruhe, ohne Repos.	1 Woche Entlassung

Tab. 5) Forts.

Fall-Nr. Unfallart Alter Geschlecht WS-Etage	Primäre Neurologie	wichtige Rö-Befunde	Prim. Therapie	Überlebenszeit bzw. stat. Beh.
11) Wassersprung 30 J., w. C 5/6	vollst. QS kompl. Sens. ausfall Blas.-Mast- darm Lähm.	prim. Rö-Bilder nicht vorhanden, vermutlichen Kompressionsfraktur C 6 mit Versch. vorwieg. n. vorne	Laminektomie C 5/6	4 Wochen Entlassung
12) Wassersprung 35 J., m. C 1/2,3/4/5	vollst. QS kompl. Sens. ausfall Blas.-Mast- darm Lähm.	Verd. auf Dens-Frakt., Atlas Bogenfrakt. bds., hint. WB-Abrißfrakt. C 3/4, Kompr. Frakt. C 5 m. Versch. n. hint. um 1/4 WK, WS-Achse erhalten	CRUTCHFIELD- Extension, Fusion	2 Monate Exitus
13) Turnen 15 J., w. C 4/5	keine sens. oder mot. Ausf.	keine Frakturzeichen ger. Subluxation C 4/5, Versch. n. vorn um Spur, a.p.: ger. Rotation C 4 n. li. (Dornfortsatz)	GLISSON-Schlinge	2 Wochen Entlassung
14) Turnen 20 J., m. C 6/7	vollst. QS inkompl. Sens. ausfall Blas.-Mast- darm Lähm.	Abscherfrakt. bd. ob. Gel. forts. C 7, Versch. n. vorn um 1/4 WK, W.Kan.-Diam. um fast 1/3 WK eingeengt	GLISSON-Schlinge, Gips	4 Wochen Exitus
15) Turnen 17 J., m. C 6/7	vollst. QS kompl. Sens. ausfall, radik. Ausf., Blas- Mastd. Lähm.	Tomogramm: Luxation C 6/7 WK-Kompr. m. Kantenabsprung vorn ob., Versch. n. vorn um 1/2 WK	Bettruhe mit Extensionsverband	3 Monate Entlassung

Tab. 5) Forts.

Fall-Nr. Unfallart Alter Geschlecht WS-Etage	Primäre Neurologie	wichtige Rö-Befunde	Prim. Therapie	Überlebenszeit bzw. stat. Beh.
16) Turnen 26 J., w. C 5/6/7	vollst. QS kompl. Sens. ausfall, radik. Ausf., Blas.- Mastdarm Lähm.	vermutl. Gel.forts.fraktur keine WK-Verschiebungen	Bettruhe mit Repos., anschl. Fusion	12 Monate Exitus
17) Turnen 24 J., m. C 4/5/6	vollst. QS kompl. Sens. ausfall Blas.-Mast- darm Lähm.	WB-Stauch.frakt., WK- Kompr. vorn u. hinten m. Kantenabspr. vorn ob. u. unt., Versch. n. hint. um Spur, W.Kan.-D. Einen- gung um 1/2 WK (Kompr.fr.)	CRUTCHFIELD- Extension	3 Monate Entlassung Exitus nach 5 Jahren
18) Turnen 9 J., m. C 1/2/3	keine sens. oder mot. Ausfälle	keine Frakturzeichen, Atl. Epistroph.-Seitenversch., Sublux. C 1/2 u. C 2/3, Versch. nach vorn um Spur, Achsenversch. (Atlas) n. li.	CRUTCHFIELD- Extension	1 Woche Entlassung
19) Turnen 18 J., m. C 5/6	vollst. QS inkompl. Sens. ausfall Blas.-Mast- darm Lähm.	WK-Diagonalfraktur (C 6) fragl. Kompr.Fraktur, Versch. n. vorn um 1/4 WK	CRUTCHFIELD- Extension, Fusion	8 Monate Entlassung
20) Turnen 54 J., m. C 5/6	radikuläre Ausf. C 5 re.	Luxat.frakt. C 6, deutl. Versch. von C 6 n. hint. um fast 1 WK-Breite, erhebl. W.Kan.-Einengung	CRUTCHFIELD- Extension, Fusion	5 Wochen Entlassung

Tab. 5) Forts.

Fall-Nr. Unfallart Alter Geschlecht WS-Etage	Primäre Neurologie	wichtige Rö-Befunde	Prim. Therapie	Überlebenszeit bzw. stat. Beh.
21) Reiten 47 J., m. Th $_{12}$/L $_{1}$	vollst. QS inkompl. Sens.ausfall Blas.-Mastdarm Lähm.	WK-Diagonalfrakt. L 1 mit Abrutschen nach vorn u. re. a.p.: schw. Achsenknickung n. re., WK-Frakt. deutlich	Laminektomie Th $_{12}$/L $_{1}$ (Revision nach 5 Jahren)	4 Wochen Entlassung
22) Reiten 75 J., w. C $_{5/6}$	radik. Ausf. C 6 bds.	Gel.forts.abscherfraktur ob. C 5 bds. (?), Versch. n. vo. um fast 1/2 WK a.p.: WS-Achse erhalten, Fraktur erkennbar	CRUTCHFIELD-Extension, Fusion	4 Wochen Entlassung
23) Reiten 52 J., w. C $_{6/7}$	radik. Ausf. C 7 re.	ger. Luxation C 6/7, WB-Abrißfraktur m. Dehisz. vermutl. einseitig, Versch. n. vo. um ca. 1/4 WK, a.p.: ger. WS-Achsenrotation	CRUTCHFIELD-Extension, Fusion	4 Wochen Entlassung
24) Reiten 44 J., w. L $_{1}$	keine sens. oder mot. Ausf.	ob. Deckplatteneinbruch L 1, WK-Kompr. vorn oben, keine WK-Dislokation	Bettruhe ohne Repos.	2 Monate Entlassung

Tab. 5) Forts.

Fall-Nr. Unfallart Alter Geschlecht WS-Etage	Primäre Neurologie	wichtige Rö-Befunde	Prim. Therapie	Überlebenszeit bzw. stat. Beh.
25) Skisport 19 J., w. C 5/6	vollst. QS kompl. Sens. ausfall Blas.-Mast-darm Lähm.	prim. Rö-Bilder nicht vorhanden, WK-Kompr. C 6, Achse erh., a.p.: Fraktur erkennbar	Laminektomie C 6/7	4 Wochen Entlassung
26) Motorsport 30 J., m. Th 11/12	inkompl. QS inkompl. Sens-ausf. Blas.-Mast-darm Lähm.	WK-Kompr. Th 12 vorn, Ripp. forts.frakt. Th 12 li., sek. Aufricht. Th 12, Versch. n. vorn um 1/2 WK, a.p.: leichte Achsenknickung deutl. A.vers.	lordosier. Gipsschale	4 Wochen Exitus
27) Sportunfall 21 J., m. HWS Commot.	inkompl. QS keine sens. Ausf. Blas.-Mast-darm Stör.	keine Frakturzeichen, keine WK-Verschiebung	Bettruhe ohne Repos.	4 Wochen Entlassung

III. Diskussion

Die Untersuchungen eines Kollektivs von 27 Sportverletzungen aus den Jahren 1954 bis 1974 der Neurochirurgischen Universitätsklinik Bonn ergaben, daß sich fast drei Viertel der Unfälle auf den mittleren und unteren Halswirbelsäulenabschnitt lokalisierten.

Dieses Ergebnis stimmt mit den Beobachtungen von POLIVKA (1965) überein, der 158 Halswirbelsäulenverletzungen analysierte. 40 davon betrafen Wassersprung- und Turnunfälle.

Bestätigt wurde dieser bei Sportunfällen bevorzugt betroffene Verletzungsbereich auch durch Veröffentlichungen von STEINBRÜCK und PAESLACK (1977), die 176 Sporttraumen überprüften. Nach ihren Angaben entfielen von insgesamt 109 Badeunfällen allein 53 bzw. 26 auf die Wirbelkörper C 5 und C 6.

Nach den Untersuchungen der gleichen Autoren aus dem Krankengut der Orthopädischen Universitätsklinik Heidelberg im Zeitraum von 1967 bis 1976 kam es bei Badeunfällen in 98 % zu Tetraplegien. Von 140 Querschnittslähmungen waren allein 107 durch Badeunfälle verursacht. Die meisten Traumen nach Wasser-Kopfsprung erfolgten in Baggerseen oder Kiesgruben mit sandigem Untergrund. 16 Kopfspringer verunglückten im Freibad durch Sprung in zu flaches Wasser, Aufspringen auf andere Schwimmer oder an Rutschbahnen. Nach der gleichen Untersuchung kam es in 10 % zu einer Querschnittslähmung durch Turnsportunfälle.

KLAR (1967) stellte bei 15 Wasser-Kopfspringern allein 13 Tetraplegien fest.

In dem von uns untersuchten Krankengut waren die Wasser-Kopfsprungverletzungen mit knapp 45 % am häufigsten vertreten. Ebenso wie bei den untersuchten Turnunfällen (knapp 30 %) kam es ausschließlich zu Verletzungen der Halswirbelsäule. Reitsportverletzungen stellten rund 15 % unserer Fälle.
Hier waren zu gleichen Teilen die untere Halswirbelsäule sowie der thoraco-lumbale Übergang betroffen. Der Befund deckt sich mit den Beobachtungen von HAESEN und ZIMMERMANN (1977). Neben dem dorsalen Übergang ist nach ihrer Ansicht auch die mittlere und untere Halswirbelsäule bei Reitsportunfällen gefährdet.

Hinsichtlich der Querschnittssymptomatik ließen sich vollständige Querschnittssymptome bei 16 der 27 Verunfallten diagnostizieren. Am häufigsten war der Etagenabschnitt C 5/C 6 geschädigt (in sieben Fällen). Wassersprünge waren mit 75 % bei den auftretenden Tetraplegien beteiligt. In 50 % der Fälle von Wassersprung kam es posttraumatisch zum Exitus letalis. Laut KACZMARECK (1964) betrug die Letalität unter 53 Halswirbelsäulenverletzungen nach Wassersprüngen über 41 %.

Im Kollektiv der Turnsportler kam es in vier von acht Fällen zu einem totalen Querschnitt. Drei Patienten erlagen ihren Verletzungen.

Unter den vier Reitsportlern wurde eine Reiterin vollständig querschnittsgelähmt, die übrigen drei zeigten radikuläre bzw. neurologisch unauffällige Befunde.

Ohne Rückenmarkssymptomatik verlief ein Drittel aller Sportverletzungen. Bei fünf Patienten wurden motorische oder sensible Ausfälle nach Wurzelkompression festgestellt.

Verschiedene Autoren wiesen auf häufige Verletzungsformen, insbesondere der unteren Halswirbelkörper, hin (MAGNUS, 1934; GERLACH und JENSEN, 1965; LECHNER; 1971). Es wurden vollständige oder unvollständige Wirbelkörperluxationen mit oder ohne Wirbelbogenfrakturen sowie Stauchungs- und Kompressionsfrakturen der Wirbelkörper beschrieben. Bei den WK-Kompressionsfrakturen wurden alle Grade von geringer Vorderkantenabsprengung bis zum völligen Zusammenbruch beobachtet.
Bei der meist erfolgenden Ventralverschiebung des darüber gelegenen Wirbels kommt es zu einer "reitenden Luxation", wenn die Gelenkflächen noch untereinander in Verbindung stehen bzw. zu einer völligen Verrenkung, wenn sich die Gelenkfortsätze vor den Spitzen der Gelenkfortsätze des darunter gelegenen Wirbels miteinander verhaken, wobei es häufig zu Frakturen der Gelenkfortsätze oder den Wirbelbögen kommt (GERLACH, JENSEN).

Wegen der Gefahr der irreversiblen Rückenmarkskompression werden Verrenkungen der Wirbel ohne begleitende Brüche des entsprechenden Wirbelbogens als schwerwiegende Komplikation angesehen, weil der nach vorne verschobene hintere Bogenanteil das RM abquetscht (LECHNER). Demgegenüber bleibt bei der sogenannten "rettenden Bogenfraktur" nach BÖHLER der gebrochene Bogenanteil am hinteren Bandapparat fixiert. Der Wirbelkanal-Diameter wird dadurch erhalten. Weiter weisen GERLACH und JENSEN darauf hin, daß bei Wirbelverschiebungen um eine halbe Körperbreite ohne Bogenbruch eine Rückenmarkskompression eintritt.

In dem hier untersuchten Kollektiv konnten bei der Analyse der primären Röntgenaufnahmen (seitlicher Strahlengang) unter 17 verwertbaren Fällen vierzehnmal eine Verschiebung des oberen Wirbelkörpers nach vorne und

dreimal eine Wirbelkörperdislokation nach dorsal festgestellt werden. Diese durchaus seltenen dorsalen WK-dislokationen wurden beobachtet nach Wassersprung (1 x), Turnen (2 x) Fall-Nr. 12, 17, 20), ohne daß allerdings der Unfallmechanismus genügend rekonstruierbar ist, um diesen speziellen Frakturmechanismus näher analysieren zu können.

Die Einengung des Wirbelkanal-Diameters ist nicht allein von entscheidender Bedeutung für die Schwere der spinalen Symptomatik und deren weiterer Prognose. Bei einer Einengung des Durchmessers um wenigstens ein Viertel Wirbelkörperbreite (14 Fälle) traten neunmal irreversible Rückenmarksschädigungen auf. Von diesen starben sieben Patienten.

Demgegenüber blieben von vier Sportverletzten mit Wirbeldislokation um ein Viertel bis zur halben Wirbelkörpertiefe zwei Patienten (Reiter) völlig ohne pathologische Klinik. Zwei weitere Sportler litten an radikulär bedingten Ausfallserscheinungen.

Bei zwei Unfallereignissen ließ sich röntgenologisch eine Wirbelbogenabrißfraktur nachweisen (Fall-Nr. 12, 23):Während ein Wasserspringer trotz "rettender" BÖHLER-Fraktur aufgrund schwerer knöcherner Verletzungen an 2 weiteren HWS-Etagen eine komplette QS-Lähmung davontrug, blieb einem Reiter das RM durch diesen Unfallmechanismus erhalten. Ein einseitiges Wurzelreizsyndrom war in diesem Fall das einzige neuropathologische Substrat.

IV. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden 27 Fälle von Sportverletzungen aus den Jahren 1954 bis 1974 aus dem Krankengut der Neurochirurgischen Universitätsklinik Bonn untersucht. Posttraumatisch wurden die neurologischen und röntgenologischen Auswirkungen auf die Wirbelsäule analysiert.

Die Sportunfälle wurden an Hand eines erstellten Merkmalsschlüssels, der sowohl die primären Röntgenbefunde als auch die klinische Symptomatik berücksichtigte, untereinander verglichen und gegenübergestellt.

Das Ergebnis läßt sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Hinsichtlich der Häufigkeit der WS-Verletzungen durch Sportunfall überwiegen Traumen nach Wasserkopfsprung mit 44,4 %. Weniger häufig kamen Turnsportverletzungen (29,6 %) bzw. Reitsportunfälle (14,8 %) in unserem Krankengut vor.

2. Bevorzugter Lokalisationsbereich der untersuchten Sportunfälle war der cervikale WS-Abschnitt, der bei allen Wasserspringern und bei allen Turnern verletzt war. Die Etagen C 4 - C 7 waren besonders häufig betroffen (75 %). Bei Reitern traten auch Verletzungen am dorsolumbalen Übergang auf (zwei von vier Fällen), bei Ski- und Motorsportlern an den unteren HWS- bzw. BWS-Segmenten.

3. Hinsichtlich des neurologischen Befundes zeigte sich eine recht deutliche Korrelation zwischen vollstän-

digem QS-Bild und betroffener WS-Etage: Vier Fünftel der Patienten mit Trauma im Bereich des mittleren und unteren Drittels der HWS wiesen eine solche komplette QS-Lähmung auf, mittelschwere oder nur leichte spinale neurologische Ausfälle beobachtete man betont bei Verletzungen im oberen HWS-Abschnitt, am cervikothorakalen und thorakolumbalen Übergang.

4. Als besonders gefährliche "Sportart" imponieren die Kopfsprünge in zu flaches Wasser, denn sie führten in 75 % der Fälle zum kompletten Querschnitt. Jeder zweite der Verunglückten erlag seinen Verletzungen.

   50 % der Turnsportunfälle führten zu einer vollständigen Querschnittssymptomatik, dreimal kam es zu einem Exitus letalis.

   Unter vier gestürzten Reitern kam es nur in einem Fall zu einer vollständigen Querschnittslähmung, während die übrigen Reitsportler beschwerdefrei blieben.

5. Ohne Rückenmarkssymptomatik verliefen die Unfälle bei fast einem Drittel der untersuchten Sportunfälle. Vier dieser Patienten, die röntgenologisch eindeutige Frakturzeichen aufwiesen, hatten lediglich radikuläre motorische oder sensible Ausfallserscheinungen. Die übrigen vier Sportler blieben ohne jegliche neuropathologische Symptomatik. In drei Fällen war eine Subluxation der einzige Hinweis auf das Wirbelsäulentrauma, bei einem Patienten lag eine Wirbelkörperfraktur vor.

6. Bei 17 Sportunfällen konnten die primären Röntgenaufnahmen ausgewertet werden.

Von mitentscheidender Bedeutung für das Ausmaß der neurologischen Symptomatik und die Überlebenschance der Verunglückten war die noch offen gebliebene Weite des Wirbelkanals.

Vierzehnmal wurden Einengungen des Spinalkanals um ein Viertel Wirbelkörperbreite und mehr beobachtet. Dabei kam es bei neun Sportverletzten dieses Kollektivs zu einem totalen Querschnitt (= 64 %), jeder zweite in dieser Gruppe starb an den Folgen der irreversiblen Rückenmarksschädigung.

V. Dokumentation

Sportart: Wassersprung

Fall-Nr. (Tab. 5)	Krankenblatt-Nummer	Initialien	Geburtsdatum	Geschlecht
1	512/57	W. L.	24. 7.31	männlich
2	529/57	J. G.	12. 6.32	männlich
3	719/60	M. B.	30.10.40	männlich
4	775/61	R. F.	30. 8.25	männlich
5	777/64	W. H.	14.12.38	männlich
6	601/64	R. S.	13. 6.44	männlich
7	869/66	H. M.	29. 7.30	männlich
8	769/66	H. L.	27. 8.38	männlich
9	1253/71	J. W.	16. 8.41	männlich
10	378/72	A. S.	1. 8.61	männlich
11	1149/72	U. S.	1. 2.42	weiblich
12	1345/74	R. T.	5.10.39	männlich

Sportart: Turnen

Fall-Nr.	Krankenblatt-Nummer	Initialien	Geburtsdatum	Geschlecht
13	342/54	R. B.	11. 1.39	weiblich
14	25/54	W. M.	10. 9.34	männlich
15	1110/65	K. K.	24. 2.48	männlich
16	1253/67	G. F.	18. 5.41	weiblich
17	337/68	V. D.	3. 3.44	männlich
18	1096/70	J. R.	14. 5.61	männlich
19	1378/72	W. H.	7.12.54	männlich
20	1395/73	T. L.	15. 9.19	männlich

Sportart: Reiten

Fall-Nr. (Tab. 5)	Krankenblatt-Nummer	Initialien	Geburtsdatum	Geschlecht
21	190/62	M. F.	30.08.15	männlich
22	198/72	L. G.	13.10.97	weiblich
23	810/70	E. L.	27.03.18	weiblich
24	100/72	H. B.	19.06.28	weiblich

Sportart: Skilaufen, Motorsport, Sonstiges

Fall-Nr.	Krankenblatt-Nummer	Initialien	Geburtsdatum	Geschlecht
25	1002/63	C. B.	06.10.41	weiblich
26	291/70	K. K.	23.09.40	männlich
27	590/72	D. R.	1951	männlich

VI. Literaturverzeichnis

ALLEY, R. H., jr. (1964): Head and neck injuries in high school football. J.A.M.A. 188, 118 - 122

ARENS, W. (1967): Verh. dtsch. Ges. Unfallhk., 175 - 179

ARENS, W. (1967): Die Häufigkeit der Sportverletzungen bei den verschiedenen Sportarten. Hefte Unfallhk. 91, 175

BLIKRA, G. und RINGKJOB (1969): Fractura columnae med lesjon av medulla spinalis Nordisk Medicin 81, 207 - 210

BÖHLER, L. (1937): Behandlung von Wirbelbrüchen mit und ohne Lähmung. Zbl. Chir., 2210

BÖHLER, J. (1960): Verletzungen der Halswirbelsäul Verh. Dtsch. Ortop. Ges. 47, Kongr. Bd. 93, 314 Enke, Stuttg

BROCHER, J.E.W. (1971): Die Wirbelverletzungen im Röntg bild, 62 - 75, Neurotraumatolog Bd. II, Urban und Schwarzenberg München

BRÜCKNER, H. (1974): Frakturen und Luxationen, 92 - 104, VEB Verl. Volk u. Gesundh., Berlin

CONSOLO, C. und G. GIROLA (1962): Wirbelfrakturen bei Skifahrern, Med. Sport 2, 823

COTTA, H. (1967): Die Sportschäden am Bewegungsapparat bei gealterten Menschen. Hefte Unfallheilk. 91, 149

EXNER, G. (1954): Die Halswirbelsäule, Thieme, Stuttgart

FRIEDRICH, F. (1967): Spätschäden am Bewegungsapparat durch Skilaufen, Mat. Med. Nordmark 19, 651

GERLACH, J. und JENSEN, H. P. (1965): Traumatologie in der chirurgischen Praxis, Wirbelsäulen- und Rückenmarksverletzungen. 202 - 223, Springer, Berlin

GLORIEUX, P. (1936): La Physiologie pathologique des diverses formes de fracture de la colonne vertébrale. Fortschr. Röntgenstr. 53, 422

GRISEL, P. (1930): Enucléation de l'atlas et torticollis nasopharyngien. Presse méd. 38, 50

GROH, H. (1962): Lehrbuch der Sportmedizin. Enke, Stuttgart

GROH, H. (1964): Sportverletzungen. Mat. Med. Nordmark 16, 647

GROH, H. (1971): WS-Schäden beim Leistungssport, Sportarzt 22, 221

GROHER, W. (1972): Entstehungsmechanismus typ. Verl. d. Knochen u. Gelenke b. Sport. 2. Orthop. 110, 773 - 776

GURLT, E. (1962): Handb. d. Lehre v. d. Knochenbrüchen, Bd. II, Verl. Max Hirsc Berlin

GUTTMANN, L. (1971): Prinzip u. Meth. i. d. Behandlung u. Rehabilit. RM-Verletzter Neurotraumatologie, Bd. II, 98, Urban und Schwarzenberg, München

HAESEN, D. und ZIMMERMANN, J. (1977): Art u. Schweregrad d. Verletzungen b. Reitsport, Orthop. Praxis 1/XIV, 50 - 51

HOLDSWORTH, F. W. (1963): Fractures, Dislocations and Fracture-Dislocations of the Spine. J. Bone Jt. Surg. 45 B, 6

HÜBNER, A. (1948): Frakturen u. Dislokationen, 54 - 57, Springer, Berlin

JUNGE, H. (1962): Knochenbrüche u. Verrenkungen, 128 - 130, Urban und Schwarzenberg, München

KACZMARECK, H. (1964): Die Verletzungen der HWS b. Wasserspringern, Medizin u. Sport IV, 139

KLAR, E. und PIOTROWSKI, W. (1967): Die WS in Forschung u. Praxis, Bd. 42, 93 - 96

KUHLENDAHL, H. (1950): Über die Beziehungen zwischen anatomischer u. funktioneller Läsion d. lumbalen Zwischenwirbelscheiben. Ärztl. Wschr., 281

KOCHER, Th. (1896): Die Verletzungen der WS. Mitt. Grenzgeb. Med. Chir., 420

LECHNER, F. (1971): Wirbelverletzungen ohne Lähmungen, Neurotraumatologie, Bd. II, 164 - 183, Urban und Schwarzenberg, München

LEIDHOLT, J. D. (1973): Spinal injuries in athletes: be prepared. Orthop. Clin. of North America, Vol. 4, No. 3, 691 - 707

LIECHTI, A. (1948): Die Röntgendiagnose der Wirbelsäule und ihre Grundlagen, Springer, Wien

LOB, A. (1941): Die Wirbelsäulenverletzungen und ihre Ausheilung. Experimentelle, pathologisch-anatomische und röntgenologisch-klinische Untersuchungen, Thieme, Leipzig

MAGNUS, G. (1934): Die Wirbelsäule, Handb. Unfallheilk. Bd. 4, Stuttgart 1934

MOHING, W. (1967): Sportverletzungen und chronische Schäden des Sportes an der Wirbelsäule. Hefte Unfallheilk. 91, 155

MUMENTHALER und SCHLIACK (1973): Läsionen peripherer Nerven, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart

NICOLL, E. A. (1953): Injuries of the back. Brit. med. J. 879 - 928

POLIVKA, D. (1965): Sportliche HWS-Verletzungen. Beitr. Orthop. 12, 726 - 727

POLIVKA, D. u. M. (1965): HWS-Verletzungen beim Schulturne Beitr. Orthop. 12, 673

RAUTERBERG u. HEIDENSOHN (1972): Z. Orthop. 110, 773

RÖSCH, H. (1972): Sportverl. der Wirbelsäule unter besonderer Berücksichtigung der Vorerkrankungen, Z. Orthop. 110, 793 - 795

ROMPE, G. und KRAHL, H. (1972): Sportschäden und Sportverletzung Z. Orthop. 110, 110 - 117

RYAN, A. J. (1963): American Medical Association New (Zit. nach J. D. Leidholt 1973): Orthop. Clin. of North America Vol. 4, No. 3, 692

VON SAAR (1914): Die Sportverletzungen, Neue Dtsch. Chir., Enke, Stuttgart

SCHERER (1952): Über seltene Halswirbelfrakturen Sitzungsber. Chir. Ges. Univ., Berlin

SCHMIDBERGER, F. (1971): Grundzüge d. Physiologie und Pathophysiologie d. RM u. d. Cauda equina, Neurotraumatologie, Bd. II, 29, Urban und Schwarzenberg, München

SCHNEIDER, R. C. et. al. (1958): Syndrome of acute central cervical spinal cord injury. J. Neurol. Neurosurg., Psychiat. 21, 216

STEINBRÜCK, K. und PAESLACK, V. (1977): Querschnittslähmung - ein Risiko im Sport? Orthop. Praxis 1/XIV, 61 - 64

WAGNER u. STOLPER (1898): Die Verletzungen der Wirbelsäule und des Rückenmarks, Enke, Stuttgart

WATSON-JONES, R. (1955): Fractures and joint injuries. Livingstone, Edinburgh

WHITLEY, J. F. und FORSYTH, H. F. (1960): Classification of cervical spine injuries. Amer. J. Roentgenol. 83, 633

Herrn Prof. Dr. Entzian möchte ich an dieser Stelle herzlich für die Überlassung des Themas und für die freundliche Unterstützung und manche Anregung bei der Durchführung der Untersuchungen danken.

Lebenslauf
==========

Am 13. 8. 1945 wurde ich als Sohn des damaligen Bremerhavener Stadtwerkedirektors Herbert Fornell und seiner Ehefrau Hanni, geb. Engel, in Warstade geboren.

Nach 6jähriger Grundschulzeit in Bremerhaven besuchte ich 8 Jahre das dortige humanistische Wilhelm-Raabe-Gymnasium, wo ich im März 1966 die Reifeprüfung ablegte.

Nach Absolvierung einer 18monatigen Dienstzeit bei der Bundeswehr wurde ich als Reserveoffiziersanwärter entlassen.

Im Wintersemester 1968/69 begann ich mit dem Medizinstudium an der Universität Bonn, nachdem ich zuvor 2 Semester an der dortigen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät immatrikuliert war. Die ärztliche Vorprüfung bestand ich im Frühjahr 1971, das medizinische Staatsexamen im Sommer 1974 jeweils an der Universität Bonn.

Von September 1974 bis Oktober 1975 arbeitete ich als Medizinalassistent an orthopädischen, inneren und chirurgischen Krankenhausabteilungen in Bonn, Brühl und Siegburg.

Im Anschluß an mein Medizinalassistentenjahr entschloß ich mich zu einer orthopädischen Facharztausbildung. Meine einjährige chirurgische Assistentenzeit leistete ich an der chirurgischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses Siegburg ab.
Als orthopädischer Assistenzarzt arbeitete ich anschließend in Düsseldorf-Kaiserswerth und Ravensburg.

Seit Oktober 1979 bin ich als Assistenzarzt an der orthopädischen Klinik der Evangelischen Diakonissenanstalt Bremen tätig.

Joachim Fornell